



Europäisches  
Patentamt

European  
Patent Office

Office européen  
des brevets

**Bescheinigung**

**Certificate**

**Attestation**

Die angehefteten Unterlagen stimmen mit der ursprünglich eingereichten Fassung der auf dem nächsten Blatt bezeichneten europäischen Patentanmeldung überein.

The attached documents are exact copies of the European patent application described on the following page, as originally filed.

Les documents fixés à cette attestation sont conformes à la version initialement déposée de la demande de brevet européen spécifiée à la page suivante.

**Patentanmeldung Nr. Patent application No. Demande de brevet n°**

99830620.3

Der Präsident des Europäischen Patentamts;  
Im Auftrag

For the President of the European Patent Office

Le Président de l'Office européen des brevets  
p.o.

**I.L.C. HATTEN-HECKMAN**

DEN HAAG, DEN  
THE HAGUE, 28/09/00  
LA HAYE, LE



Europäisches  
Patentamt

European  
Patent Office

Office européen  
des brevets

**Blatt 2 der Bescheinigung  
Sheet 2 of the certificate  
Page 2 de l'attestation**

Anmeldung Nr.:  
Application no.: **99830620.3**  
Demande n°:

Anmeldetag:  
Date of filing: **01/10/99**  
Date de dépôt:

Anmelder:  
Applicant(s):  
Demandeur(s):  
**STMicroelectronics S.r.l.**  
**20041 Agrate Brianza (Milano)**  
**ITALY**

Bezeichnung der Erfindung:  
Title of the invention:  
Titre de l'invention:

**A method of producing suspended elements for electrical connection between two portions of a micro-mechanism which can move relative to one another**

In Anspruch genommene Priorität(en) / Priority(ies) claimed / Priorité(s) revendiquée(s)

Staat: State: Pays:	Tag: Date: Date:	Aktenzeichen: File no. Numéro de dépôt:
---------------------------	------------------------	---

Internationale Patentklassifikation:  
International Patent classification:  
Classification internationale des brevets:

**G11B5/53, G11B7/135**

Am Anmeldetag benannte Vertragstaaten:  
Contracting states designated at date of filing: AT/BE/CH/CY/DE/DK/ES/FI/FR/GB/GR/IE/IT/LI/LU/MC/NL/PT/SE  
Etats contractants désignés lors du dépôt:

Bemerkungen:  
Remarks:  
Remarques:

**See for original title of the application page one of the description**

"Metodo per realizzare elementi sospesi di collegamento elettrico fra due parti di un micromecchanismo con possibilità di moto relativo."

#### DESCRIZIONE

5 La presente invenzione riguarda in generale il settore della micromecchanica, in particolare il settore dei microattuatori, particolarmente ma non esclusivamente microattuatori utilizzati in gruppi di lettura/scrittura di dischi fissi ("hard disk") per il posizionamento fine delle  
10 testine di lettura/scrittura. Più specificamente, l'invenzione concerne un procedimento per la realizzazione di elementi sospesi di collegamento elettrico fra due parti di un micromecchanismo con possibilità di moto relativo, ad esempio per il collegamento elettrico della testina di  
15 lettura/scrittura, solidale al rotore del microattuatore, con la parte statica del microattuatore.

Sono noti gruppi di lettura/scrittura per hard disk comprendenti un corpo di supporto ("E-block"), azionato in rotazione da un motore elettrico, con una pluralità di  
20 bracci ciascuno recante una sospensione formata da una lamina fissata a sbalzo, la cui estremità libera porta, mediante un giunto ("gimbal"), un trasduttore di lettura/scrittura (testina o "slider"), che risulta affacciato ad una superficie dell'hard disk. Lo slider può  
25 essere accoppiato al gimbal per interposizione di un

microattuatore, ottenuto per microlavorazione di una fetta di semiconduttore.

Tali gruppi di lettura/scrittura, rendendo possibile un primo posizionamento da parte del motore agente sul corpo 5 di supporto ed un posizionamento fine per azione del microattuatore sullo slider, consentono di incrementare la densità di tracce sull'hard disk.

Si pone peraltro il problema del fissaggio dello slider al rotore del microattuatore, e del collegamento 10 elettrico dei terminali elettrici dello slider (almeno quattro, due per la lettura, due per la scrittura), senza creare interferenze con il movimento dello stesso.

In vista dello stato della tecnica descritto, uno scopo della presente invenzione è quello di fornire un 15 metodo per la realizzazione di elementi sospesi di collegamento elettrico fra due parti di un micromecchanismo con possibilità di movimento relativo.

In accordo con la presente invenzione, tale scopo viene raggiunto mediante un metodo per realizzare elementi 20 di collegamento elettrico sospesi fra due parti di un micromecchanismo con possibilità di moto relativo, che prevede la formazione di uno strato di materiale sacrificale, la formazione sullo strato di materiale sacrificale di detti elementi di collegamento elettrico, e 25 la rimozione dello strato di materiale sacrificale sotto gli

elementi di collegamento elettrico, caratterizzato dal fatto che detto strato di materiale sacrificale è una pellicola sottile con almeno un lato adesivo, applicabile a secco sulla superficie del micromeccanismo.

5 Le caratteristiche ed i vantaggi della presente invenzione saranno resi maggiormente evidenti dalla seguente descrizione dettagliata di una sua forma di realizzazione pratica, illustrata a puro titolo di esempio non limitativo negli uniti disegni, nei quali:

10 la figura 1 è una vista in esploso di un particolare di un gruppo di lettura/scrittura di hard disk con attuazione micrometrica;

la figura 2 è una vista schematica in pianta di un microattuatore per il gruppo di figura 1;

15 la figura 3 è una vista prospettica schematica di una fetta di semiconduttore su cui è formata una pluralità di microattuatori;

20 le figure da 4 a 18 mostrano fasi successive di un metodo secondo l'invenzione per il collegamento elettrico e meccanico di un trasduttore di lettura/scrittura ad un microattuatore del tipo mostrato in figura 2;

la figura 19 mostra in sezione il trasduttore di lettura/scrittura assemblato al rispettivo microattuatore; e

25 la figura 20 è una vista assonometrica mostrante il trasduttore di lettura/scrittura ed il relativo

microattuatore assemblati alla relativa sospensione.

Con riferimento alla figura 1, vi è mostrato il dettaglio della parte terminale di una lamina di sospensione 1 per un trasduttore di lettura/scrittura 2 (testina, o 5 "slider") di un hard disk. La sospensione 1 è supportata in modo noto da un rispettivo braccio di un supporto a "E" ("E-block"), non mostrato, il quale è azionato in rotazione da un motore elettrico ("voice coil motor"), anch'esso non mostrato. Lo slider 2 è fissato alla sospensione 1 mediante 10 un giunto 3 ("gimbal"), formato generalmente dalla sospensione 1 stessa e costituito ad esempio da una piastrina 3a rettangolare, ritagliata su tre lati e mezzo a partire dalla lamina formante la sospensione e la cui 15 porzione 3b di connessione alla sospensione 1 consente la flessione della piastrina 3a sotto effetto del peso dello slider 2. E' inoltre schematizzato un microattuatore 4, di tipo rotativo, interposto fra lo slider 2 ed il giunto 3. Il microattuatore 4 è comandato da una elettronica di controllo 20 in modo da permettere un posizionamento fine dello slider sulle tracce dell'hard disk, correggendo gli errori di posizionamento causati dal voice coil motor.

Il microattuatore 4 è ad esempio del tipo descritto nella domanda di brevetto europeo EP 0913921 a nome della stessa richiedente, realizzato in polisilicio in una 25 piastrina di semiconduttore, ad esempio mediante il

procedimento descritto nella suddetta domanda di brevetto europeo.

La figura 2 è una rappresentazione schematica in pianta del microattuatore 4. Sono visibili uno statore 5 esterno ed un rotore 6 interno. Lo statore 5 è destinato ad essere rigidamente collegato, assieme agli altri componenti integrati nella piastrina di semiconduttore in cui è formato il microattuatore 4, alla piastrina 3a del gimbal 3. Il rotore 6, accoppiato capacitivamente con lo statore, è destinato ad essere fissato allo slider 2, secondo le 10 modalità che verranno descritte in dettaglio nel seguito.

Il rotore 6 comprende una massa sospesa 7 di forma sostanzialmente anulare, ed una pluralità di bracci mobili 8, anch'essi sospesi, estendentisi radialmente verso l'esterno a partire dalla massa sospesa 7. Ciascun braccio mobile 8 porta una pluralità di elettrodi mobili 9 estendentisi sostanzialmente ortogonalmente al braccio mobile 8 sui due lati dello stesso.

La massa sospesa 7 presenta quattro fessure anulari 20 10, estendentisi radialmente a partire dalla circonferenza interna della massa sospesa 7, all'interno delle quali si estendono quattro elementi di sospensione elastica e ancoraggio 11, detti molle, che collegano elasticamente ed elettricamente la massa sospesa 7 ad un pilastro di 25 ancoraggio 12, concentrico alla massa sospesa 7 ma fisso. Il

pilastro 12, le molle 11, la massa sospesa 7, i bracci mobili 8 e gli elettrodi mobili 9 sono realizzati in polisilicio epitassiale opportunamente drogato in modo da risultare molto conduttivo. Il pilastro 12 consente la 5 polarizzazione degli elettrodi mobili 9 del rotore 6 attraverso una regione conduttriva sepolta, non visibile in figura 2.

Lo statore 5 comprende una pluralità di primi bracci fissi 13 ed una pluralità di secondi bracci fissi 14. 10 Ciascun primo braccio fisso 13 si estende a partire da una rispettiva prima regione fissa 15 in direzione radiale a sinistra di ciascun braccio mobile 8; le regioni fisse 15 sono disposte circonferenzialmente intorno al rotore 6 e sono collegate elettricamente fra loro tramite connessioni 15 sepolte o superficiali, non mostrate, per polarizzare i primi bracci fissi 13 ad una prima tensione. Ciascun secondo braccio fisso 14 si estende, a partire da una singola 20 seconda regione fissa 17 di forma anulare che delimita esternamente il microattuatore 2, in direzione radiale a destra di ciascun braccio mobile 8.

I primi e i secondi bracci fissi 13, 14 portano ciascuno una pluralità di elettrodi fissi 16 estendentisi verso i rispettivi bracci mobili 8 in direzione sostanzialmente perpendicolare al rispettivo braccio fisso 25 13, 14; in particolare, gli elettrodi fissi 16 sono

interdigitati agli elettrodi mobili 9, formando in modo noto una pluralità di condensatori disposti in parallelo fra loro. I primi e secondi bracci fissi 13, 14, gli elettrodi fissi 16, le regioni 15 e 27 sono anch'essi realizzati in 5 polisilicio epitassiale drogato.

Quando fra i bracci fissi 13 e 14 e il braccio mobile 8 stesso vengono applicate differenze di potenziale opportune, per effetto dell'accoppiamento capacitivo ciascun braccio mobile 8 è sottoposto ad una forza trasversale che 10 tende ad allontanarlo dal rispettivo braccio 13, 14 con il quale esso presenta minore differenza di potenziale, e ad avvicinarlo all'altro braccio 14, 13 a maggiore differenza di potenziale, provocando la rotazione della massa sospesa 7, con deformazione elastica delle molle 11.

15 Facendo ora riferimento alla figura 3, vi è schematicamente mostrata in vista prospettica una fetta di silicio 30 al termine delle fasi di lavorazione note necessarie per la realizzazione di una pluralità microattuatori del tipo precedentemente descritto, e 20 all'integrazione dei relativi circuiti integrati di controllo. Ciascun microattuatore è formato, assieme ai relativi circuiti integrati, in una rispettiva porzione 31 della fetta che, mediante taglio, diverrà una piastrina ("die").

25 Dopo che i microattuatori ed i relativi circuiti

integrati sono stati sottoposti a collaudi e verifiche di affidabilità elettrici, come mostrato nelle figure 4A-4C sul fronte della fetta 30 viene stesa a secco, senza dover ricorrere a processi che utilizzano sostanze in fase liquida, una pellicola sottile adesiva ("stick foil") 32, ad esempio una resina fotosensibile facente parte della linea di prodotti nota come RISTON® della DUPONT. Tale pellicola sottile, avvolta in un rotolo di alimentazione 20 e tesa fra il rotolo di alimentazione 20 ed un rotolo di raccolta 20B, 5 presenta un lato 21 adesivo. La fetta di semiconduttore 30 viene appoggiata su un piano di appoggio 102 spostabile verticalmente (figura 4A). Come mostrato in figura 4B, sollevando il piano di appoggio 103, il fronte della fetta di semiconduttore 30 viene portato in contatto con il lato adesivo 21 della pellicola sottile 32. L'operazione viene 10 eseguita ad una temperatura preferibilmente di 110 - 120 °C, riscaldando la pellicola 32 mediante un flusso di aria calda 15 22, e la pellicola 32 viene fatta aderire al fronte della fetta 30 mediante un rullo di pressione 33. Quindi, come mostrato in figura 4C, una lama di taglio 34 taglia la pellicola 32 seguendo il perimetro della fetta, in modo da 20 separare la porzione di pellicola 32 che ha aderito al fronte della fetta 30. La pellicola sottile 32 non segue 25 l'orografia del fronte della fetta, ossia non penetra nelle cavità degli strati sottostanti.

Mediante lappatura del retro della fetta 30, viene ridotto lo spessore del substrato della fetta 30, portandolo ad esempio ad un valore di circa 100  $\mu\text{m}$ , affinché il microattuatore possa essere inserito fra slider 2 e gimbal

5 3.

Sul retro della fetta viene quindi stesa, sempre a secco, una pellicola biadesiva (stick foil) 35 (figura 5), in cui lo strato adesivo che viene posto a contatto con il retro della fetta è fotolabile. La pellicola biadesiva può 10 ad esempio essere una pellicola di materiale comunemente utilizzato nella fase di taglio della fetta in piastrine. Il procedimento di applicazione della pellicola biadesiva è sostanzialmente analogo a quello descritto per 15 l'applicazione della pellicola sottile 32.

15 Sulla superficie esposta dello stick foil biadesivo 35 viene poi fatto aderire un supporto 36 per le successive lavorazioni della fetta 30; il supporto 36 è preferibilmente una fetta di materiale trasparente, ad esempio vetro (figura 5). Lo spessore del supporto 36 è tale da consentire una 20 lavorazione standard del sandwich formato dalla fetta 30, dallo stick foil biadesivo 35 e dal supporto 36; un supporto idoneo è ad esempio costituito da una fetta di vetro dello spessore approssimativo di 500  $\mu\text{m}$ .

Se desiderato, è possibile effettuare un attacco al 25 plasma di ossigeno (schematicamente indicato con 23 in

figura 5) per ridurre lo spessore dello stick foil 32 sul fronte della fetta 30 portandolo da circa 15  $\mu\text{m}$  a circa 5 - 8  $\mu\text{m}$ . L'attacco al plasma di ossigeno può essere realizzato ponendo la fetta 30 in un comune "stripper".

5 Facendo ora riferimento alla vista in sezione di figura 6, che mostra schematicamente una sezione secondo un piano radiale VI-VI del microattuatore di figura 2, è visibile una regione sepolta N+ 24, formata in uno strato di silicio P 25, in contatto con il pilastro in polisilicio 12 10 per polarizzare il rotore 6; la regione sepolta N+ 24 è realizzata mediante un drogaggio N+ prima della crescita epitassiale del polisilicio che forma il microattuatore. Con 15 sono schematicamente rappresentati circuiti integrati nello strato P 25 perifericamente al microattuatore 4 per il 20 pilotaggio dello stesso. E' importante notare come lo stick foil 32 ricopra il rotore 6, immobilizzandolo, senza però penetrare nelle cavità della struttura.

Sullo stick foil 32 viene formata una maschera ("hard mask") mediante deposizione ("sputtering"), a freddo o comunque ad una temperatura sufficientemente bassa da essere 25 compatibile con lo stick foil 32, di uno strato 360 di un materiale che presenti alta selettività ad un successivo attacco, ad esempio un attacco RIE in plasma di O<sub>2</sub>, che consenta di definire geometrie fini. Tale strato 360 può ad esempio essere di biossido di silicio o di alluminio, ad

esempio dello spessore di circa 2  $\mu\text{m}$  (figura 6).

Sullo strato 360 viene deposto uno strato di resina fotosensibile 37 standard (figura 7), ad esempio mediante un tradizionale procedimento di "spin coating".

5 Lo strato di resina fotosensibile 37 viene esposto selettivamente a radiazione, mediante una normale maschera, quindi lo strato 37 esposto viene sviluppato e selettivamente rimosso mediante un processo standard, per aprire finestre 38 in corrispondenza di quelle che 10 diverranno aree di ancoraggio per conduttori sospesi di collegamento elettrico dello slider, ed una finestra 380 al di sopra del rotore ove verrà formata un'area di ancoraggio per una piastra di fissaggio ("cap layer") dello slider (figura 8). E' importante notare che nel processo di 15 sviluppo della resina fotosensibile 37 non si ha alcuna infiltrazione di liquidi nelle cavità del rotore (cavità fra gli elettrodi mobili 9, fra questi e gli elettrodi fissi 16, fra i bracci mobili 8 ed i bracci fissi 13, 14) in quanto in questa fase il rotore 6 è completamente coperto e protetto 20 dallo stick foil 32.

Lo strato 360 di biossido di silicio o alluminio viene quindi attaccato selettivamente, preferibilmente mediante tecnica RIE, e viene rimosso in corrispondenza delle finestre 38, 380 precedentemente formate nello strato di 25 resina fotosensibile 37 (figura 9). In conseguenza di questo

attacco, sullo stick foil 32 rimane una hard mask costituita dalle porzioni di strato 360 che, essendo protette dallo strato di resina fotosensibile 37, non sono state rimosse.

La resina fotosensibile 37 viene poi completamente 5 rimossa, e si procede ad un attacco selettivo dello stick foil 32 ove questo non è protetto dalla hard mask 360, per formare in esso finestre 39, 390, come mostrato in figura 10. Preferibilmente, l'attacco dello stick foil 32 è un attacco in plasma di ossigeno, e termina al raggiungimento 10 della superficie della fetta 30.

Il motivo per cui, per la rimozione selettiva dello stick foil 32, si utilizza una hard mask, risiede nel fatto che con normale tecnica fotolitografica, sfruttando cioè le doti di fotosensibilità dello stick foil, non si potrebbero 15 definire geometrie sufficientemente piccole. E' chiaro tuttavia che in applicazioni nelle quali non sia richiesto di definire geometrie particolarmente piccole, sarà possibile sfruttare le doti di fotosensibilità dello stick foil 32, senza dover ricorrere ad una hard mask.

20 Mediante un successivo attacco, preferibilmente con tecnica RIE, viene completamente rimossa la hard mask 360 di biossido di silicio o alluminio (figura 11).

Facendo ora riferimento alla figura 12, che mostra in scala ingrandita il dettaglio A di figura 11, è visibile una 25 delle finestre 39 formate nello stick foil 32.

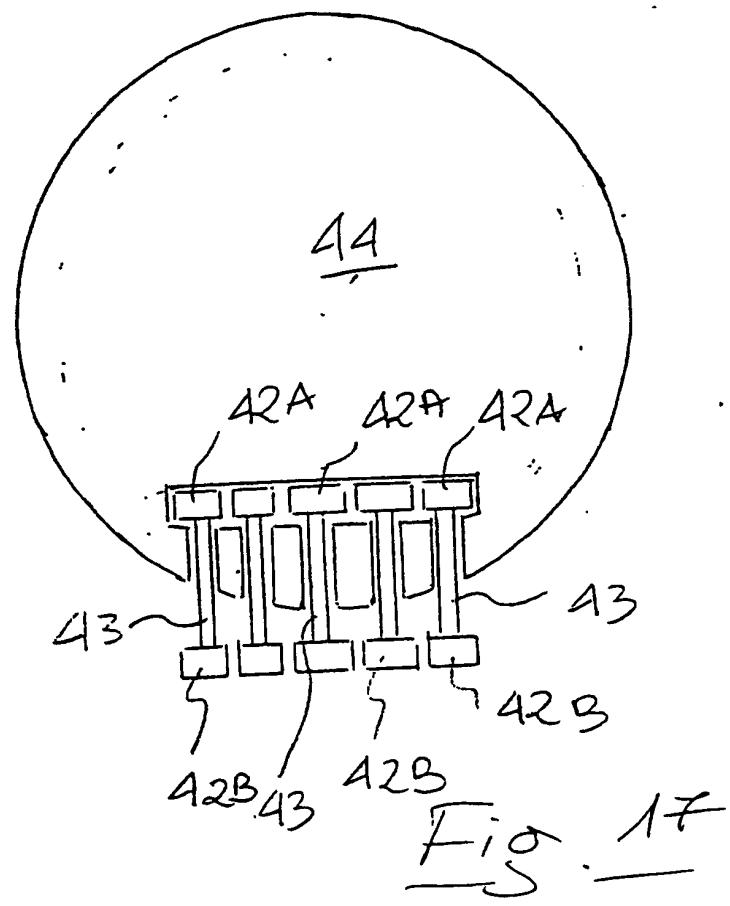
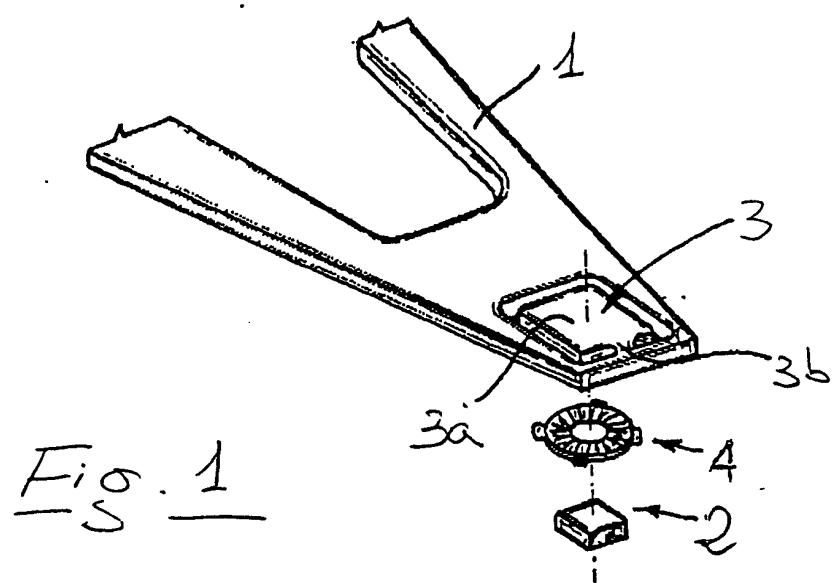
Dopo un trattamento termico di annealing veloce ("flash annealing") per far rifluire lo stick foil 32, viene deposto uno strato dielettrico di isolamento 40, preferibilmente di biossido di silicio o allumina ( $Al_2O_3$ ), o altri idonei materiali. Lo strato dielettrico 40 viene deposto a bassa temperatura per uno spessore preferibilmente di circa 3 - 4  $\mu m$ , con un angolo di deposizione di circa 60° - 70° simmetricamente rispetto alla perpendicolare alla superficie della fetta 30. Con questi accorgimenti, lo strato dielettrico 40, pur ricoprendo la finestra 39 e sigillando superiormente le cavità del microattuatore 4 (ad esempio le cavità fra gli elettrodi mobili 9), non penetra all'interno di dette cavità, rimanendo solo alla superficie (figura 13). Ciò è importante, in quanto se lo strato 40 penetrasse in profondità, il rotore rimarrebbe bloccato, essendo praticamente impossibile rimuovere il materiale penetrato.

Viene quindi deposto uno strato di materiale conduttivo 41, ad esempio alluminio o oro oppure un multistrato comprendente uno strato di alluminio, ad esempio di circa 2  $\mu m$  di spessore, ed uno strato d'oro, ad esempio di circa 500 Å di spessore. Lo strato conduttivo 41 è deposto mediante sputtering a bassa temperatura, preferibilmente inferiore a 90 °C (figura 14). Si ottiene quindi, sullo stick foil 32, un multistrato composto dai 3 -

4  $\mu\text{m}$  dello strato dielettrico 40, e dai circa 2  $\mu\text{m}$  dello strato conduttivo 41. Tale multistrato è ben attaccato al rotore, grazie alla presenza dello strato dielettrico 40, ed inoltre è meccanicamente resistente.

5 In alternativa, prima di depositare lo strato di materiale conduttivo 41, lo strato dielettrico 40 può essere selettivamente rimosso dalla superficie dello stick foil 32, mediante tradizionale processo di fotolitografia ed attacco, nelle zone in cui si dovranno formare elementi di collegamento sospesi che non richiedano elevata rigidità, ad esempio ove dovranno essere formati conduttori elettrici sospesi per il collegamento elettrico dello slider (figura 15). Lo strato dielettrico 40 sarà invece preferibilmente lasciato sulla rimanente parte del rotore, ove dovrà essere 10 formata la piastra di fissaggio ("cap layer") per lo slider. 15

Viene quindi deposto uno strato di resina fotosensibile standard, che viene poi esposta a radiazione attraverso una maschera. La resina fotosensibile viene poi sviluppata. E' da notare come il processo di sviluppo della 20 resina fotosensibile non dia luogo ad alcun rischio di infiltrazione della soluzione di sviluppo, in quanto il rotore è ben protetto dallo stick foil 32 e dagli strati 40 e 41. Neppure vi è il rischio di attaccare lo stick foil 32, essendo questo coperto dallo strato dielettrico 40 e dallo 25 strato conduttivo 41.



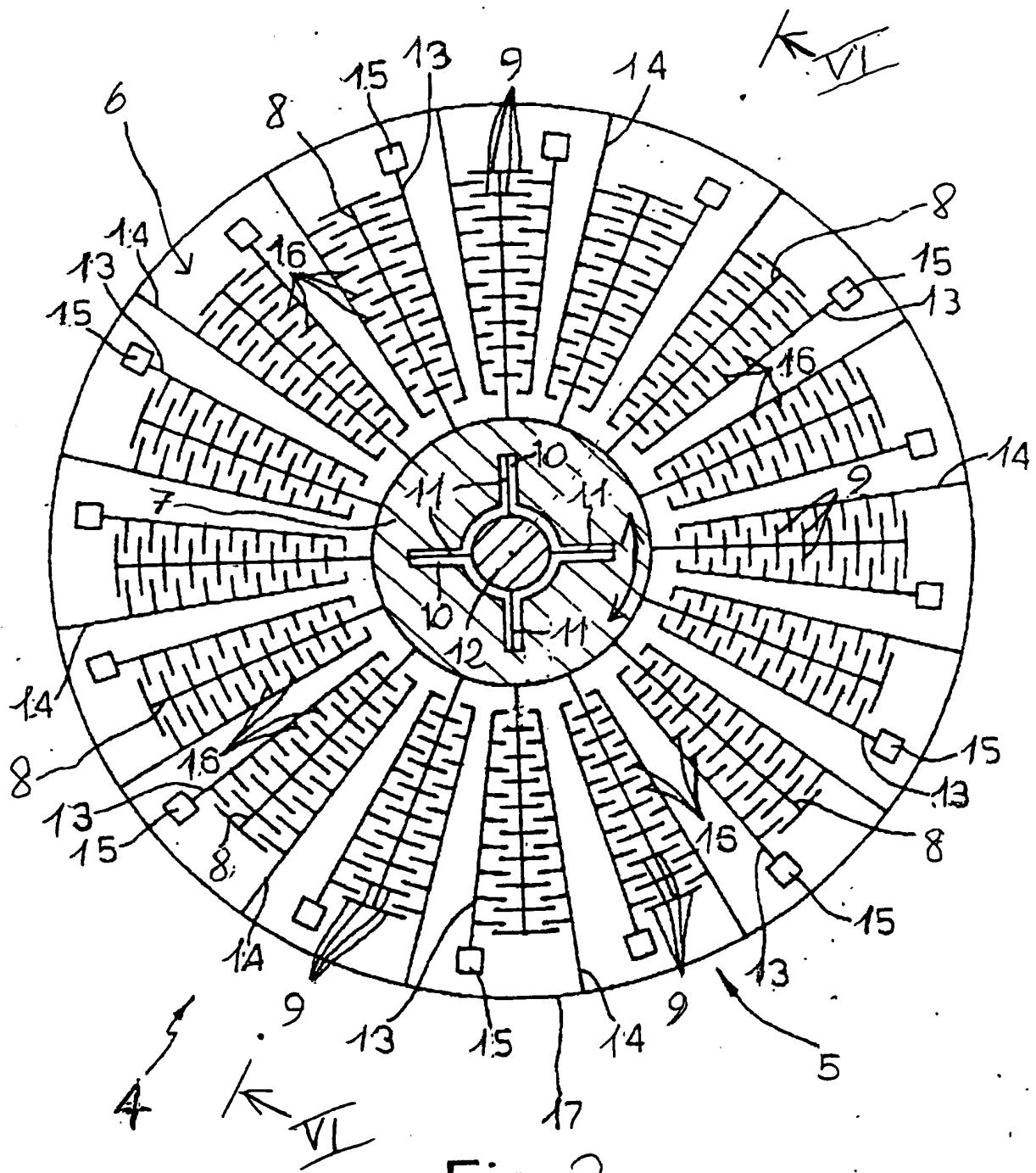


Fig. 2

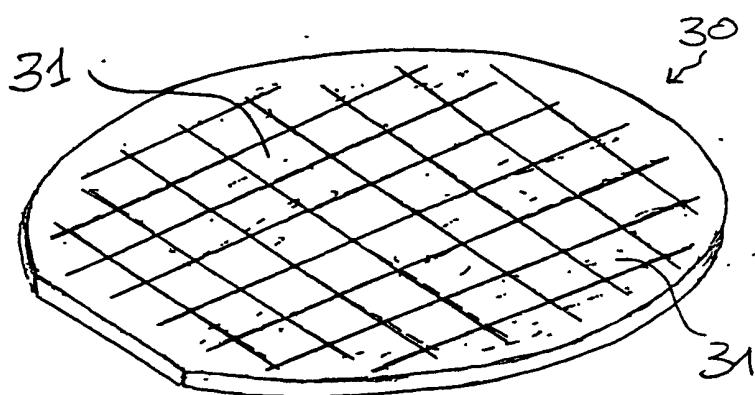


Fig. 3

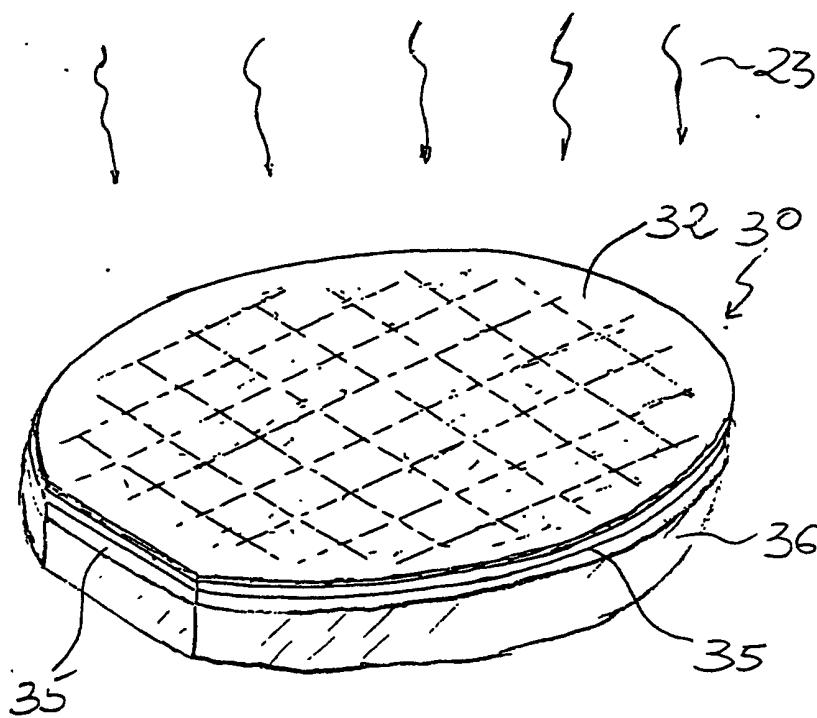


Fig. 5

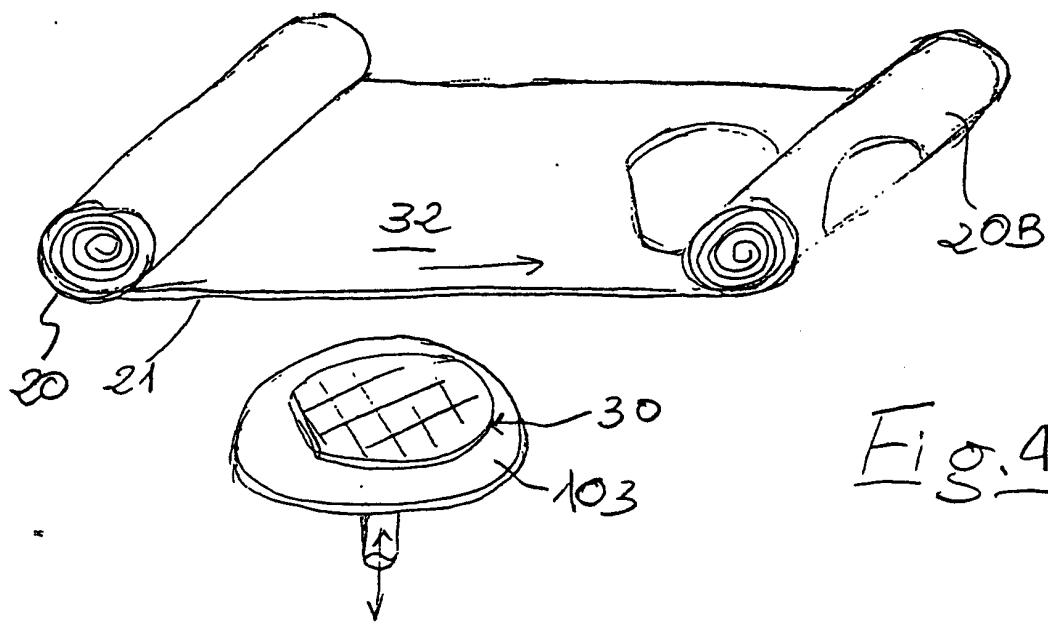


Fig. 4A

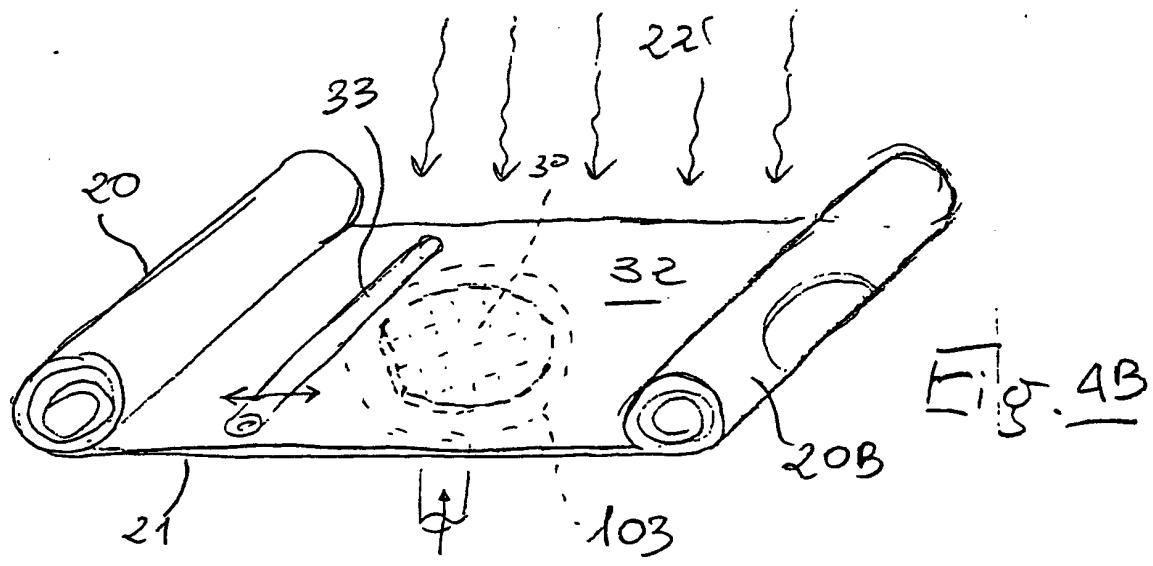


Fig. 4B

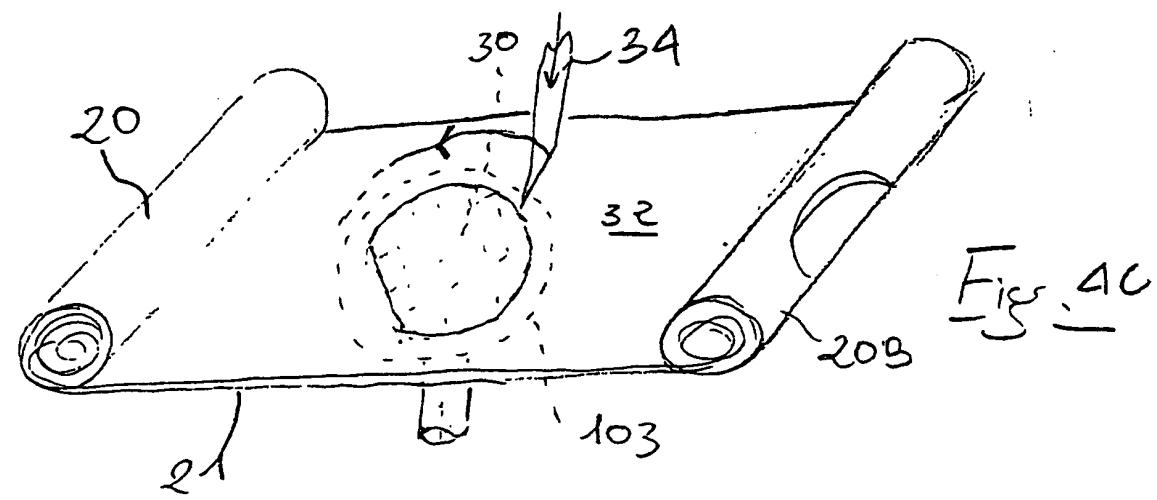
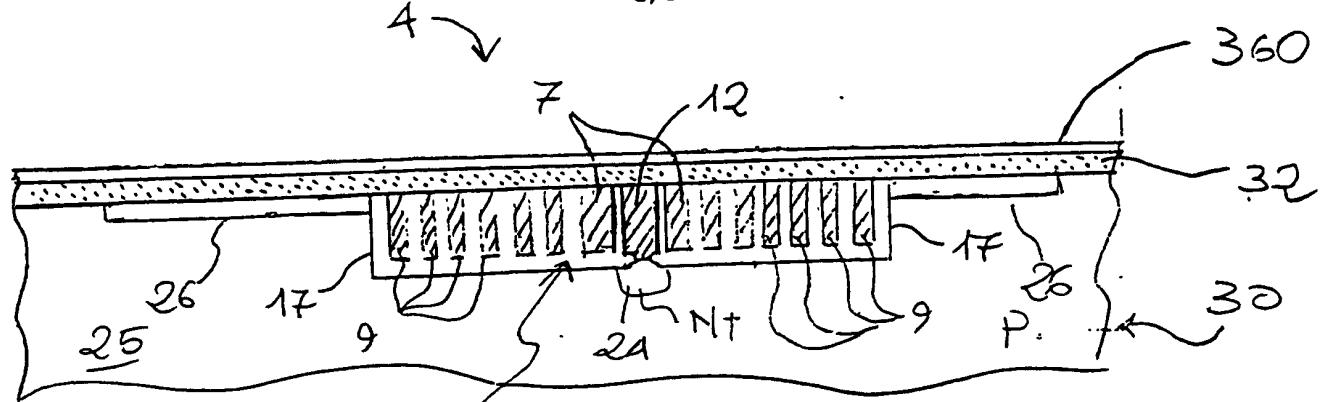


Fig. 4C



6 Fig. 6

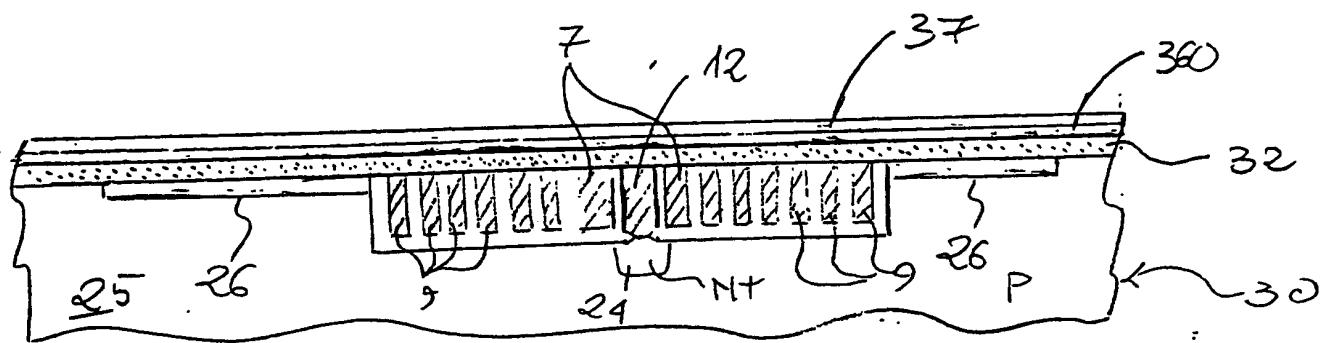


Fig. 7

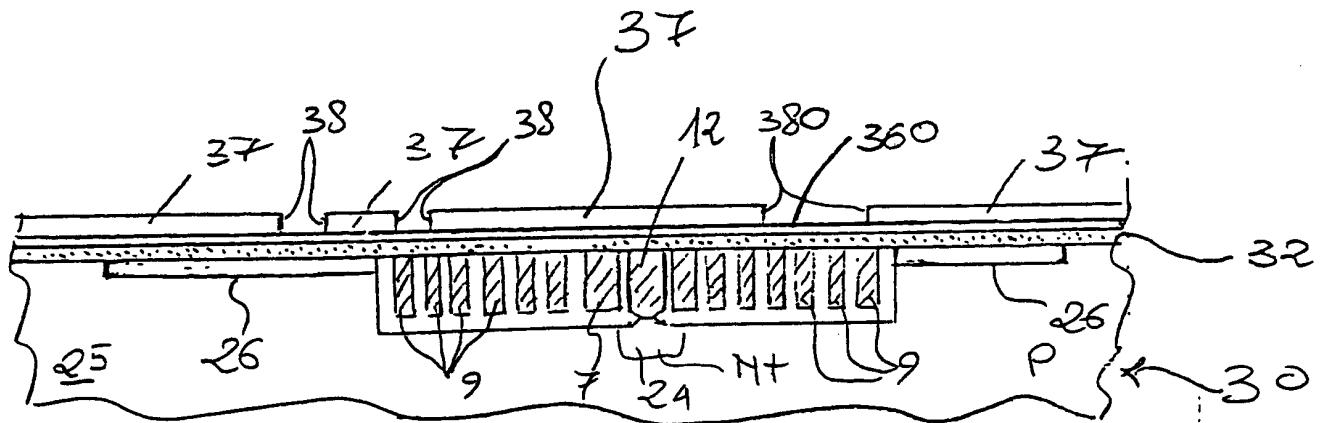


Fig. 8

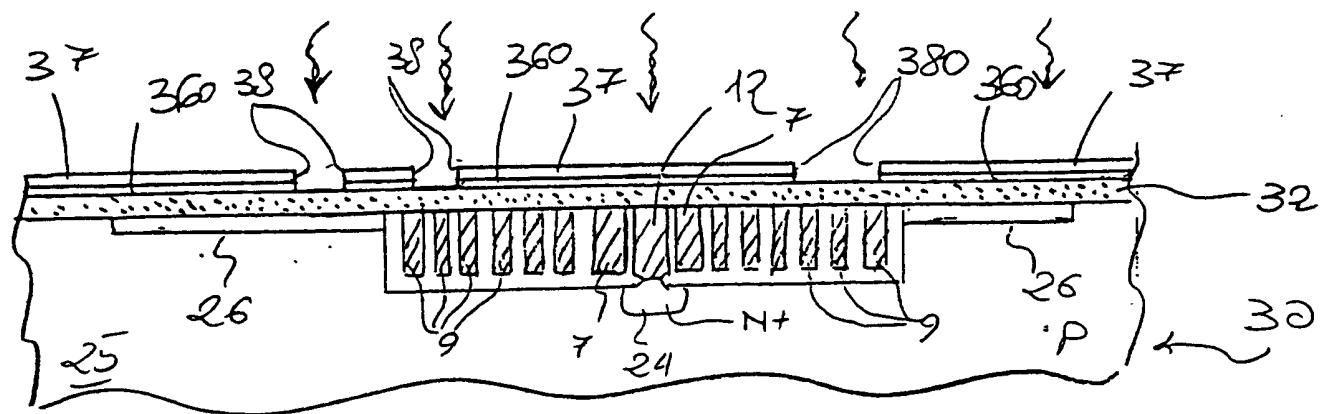


Fig. 9

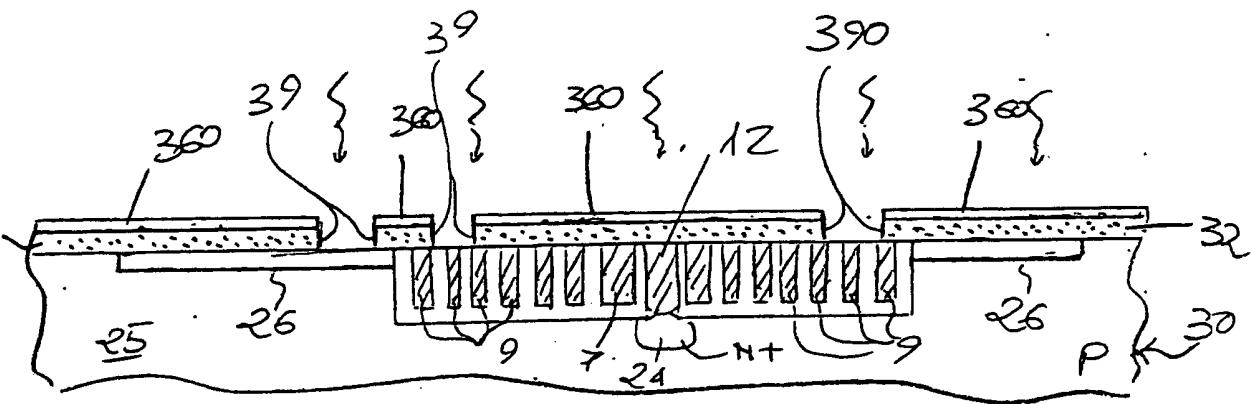


Fig. 10

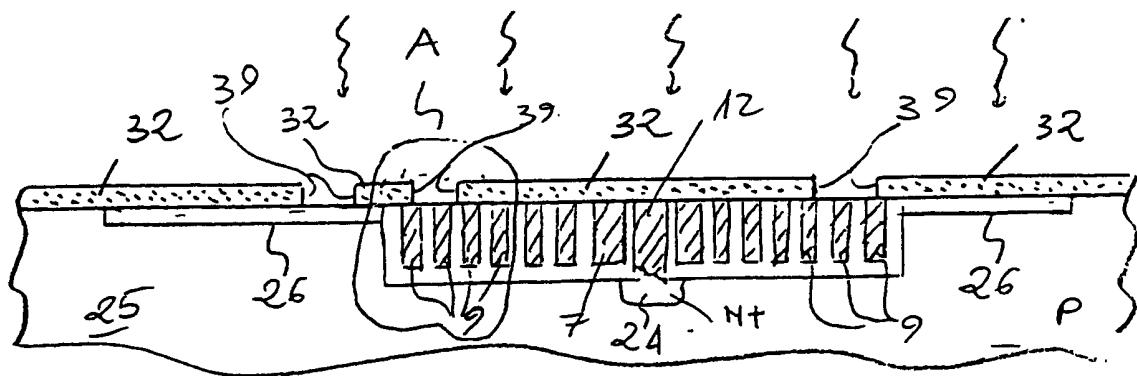


Fig. 11

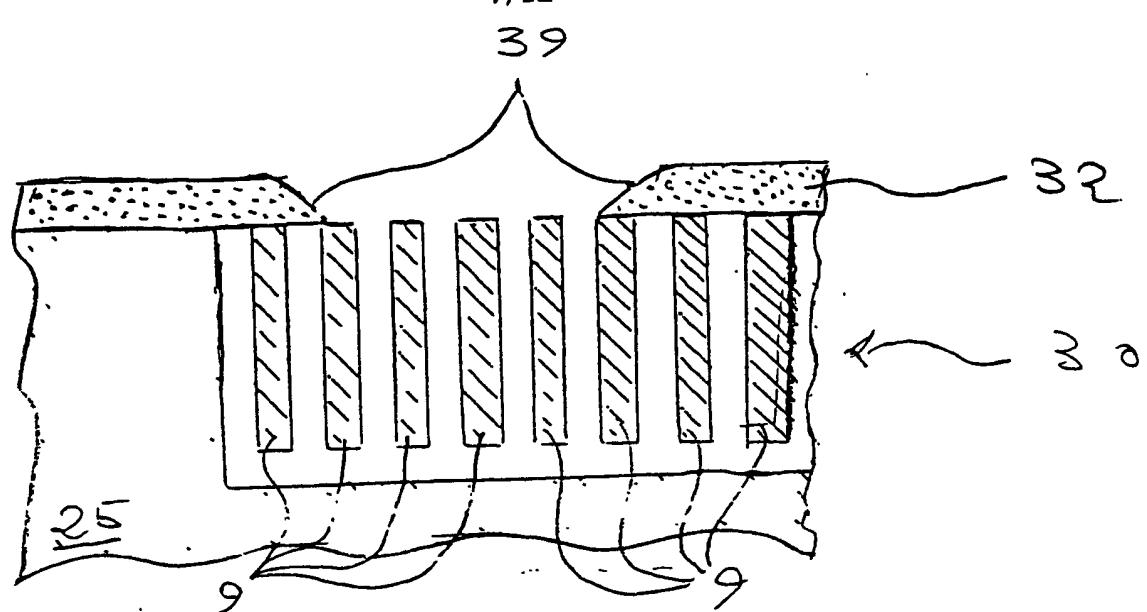


Fig. 12

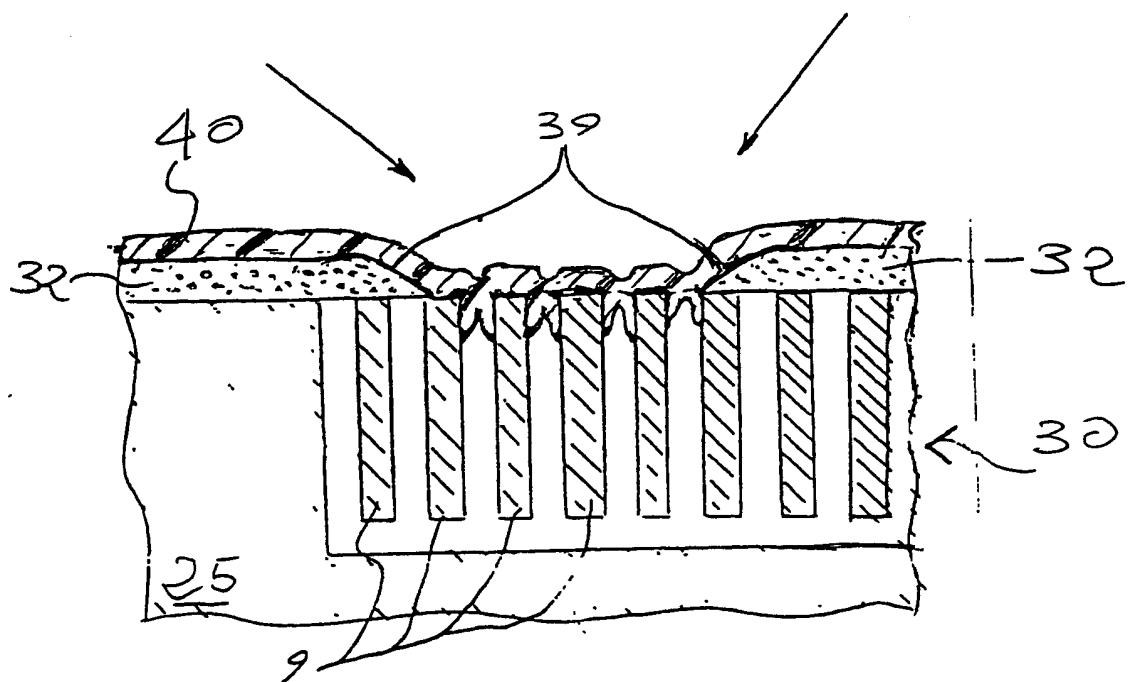


Fig. 13

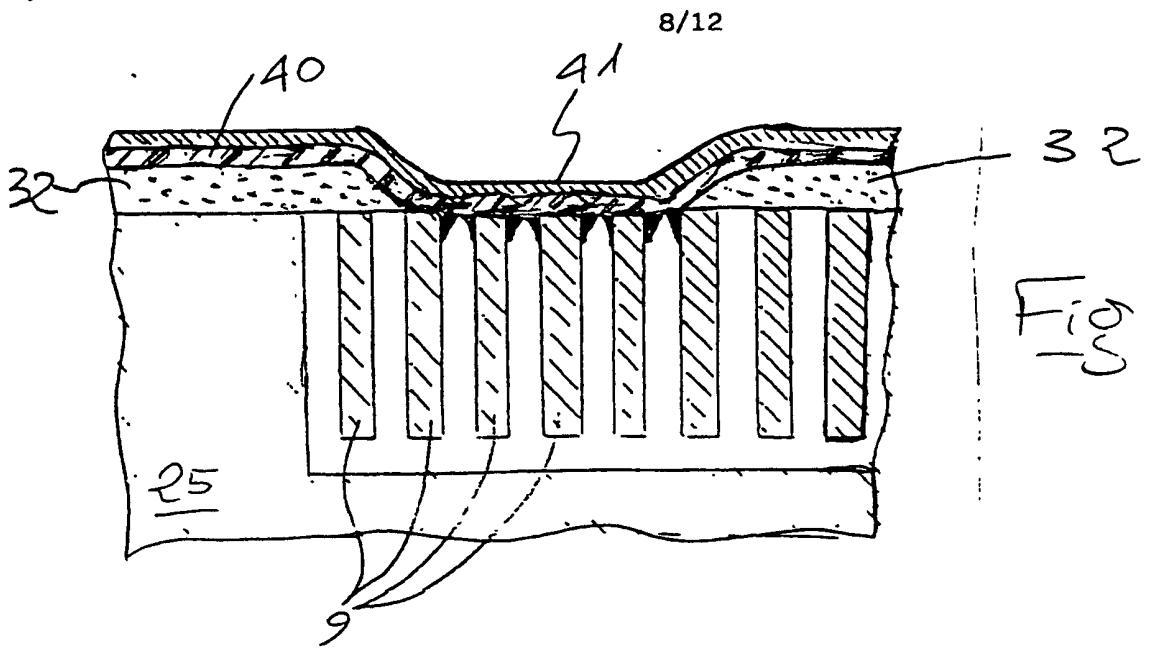


Fig. 14

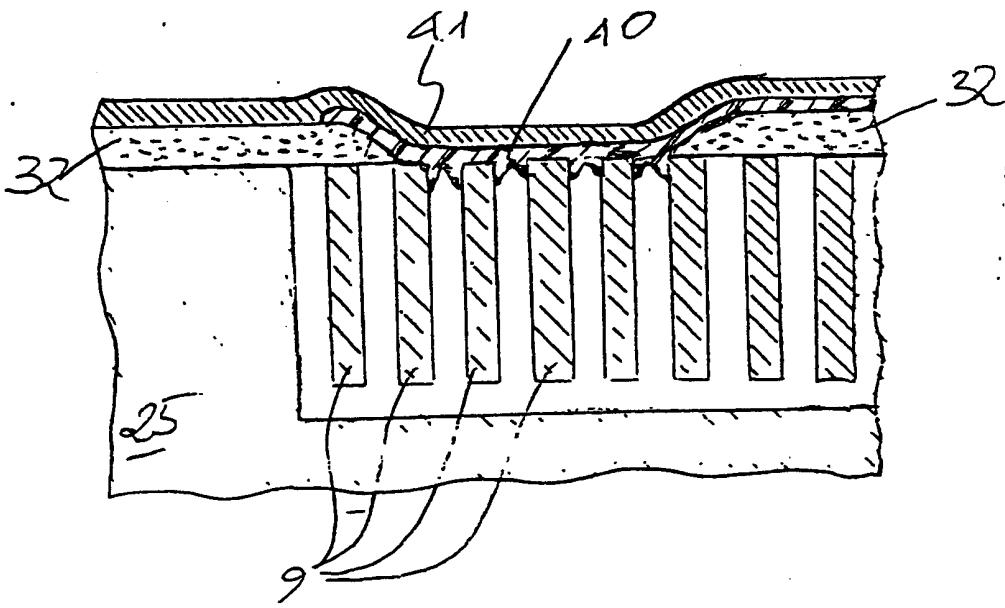
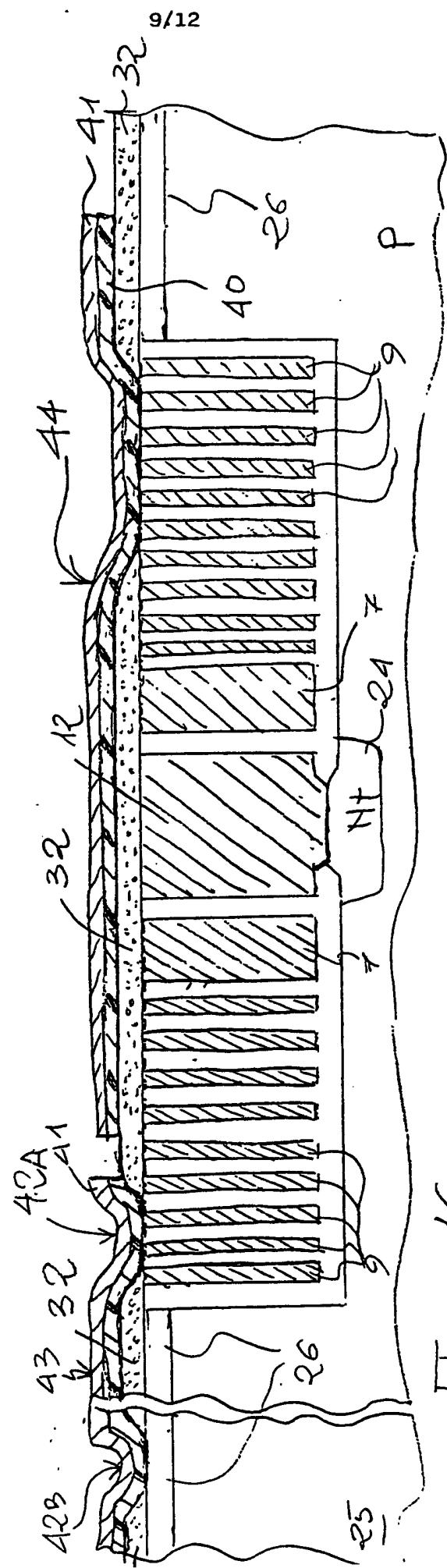


Fig. 15



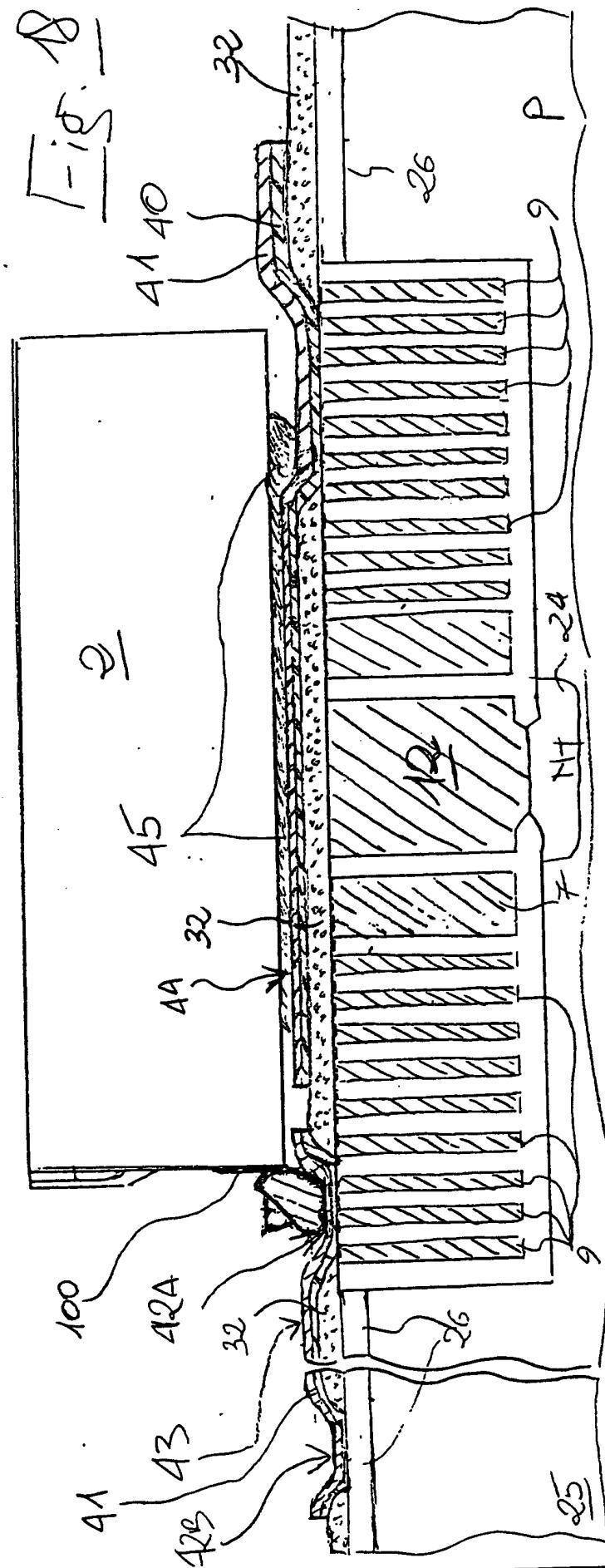
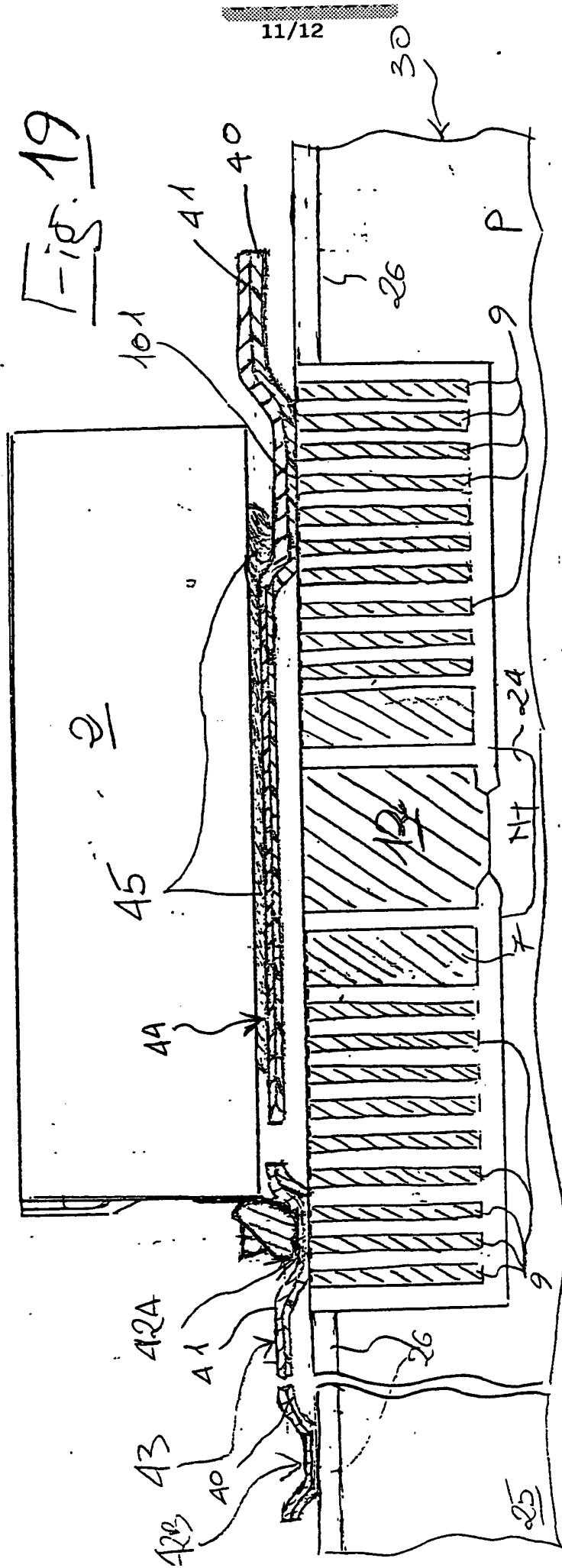


Fig. 19



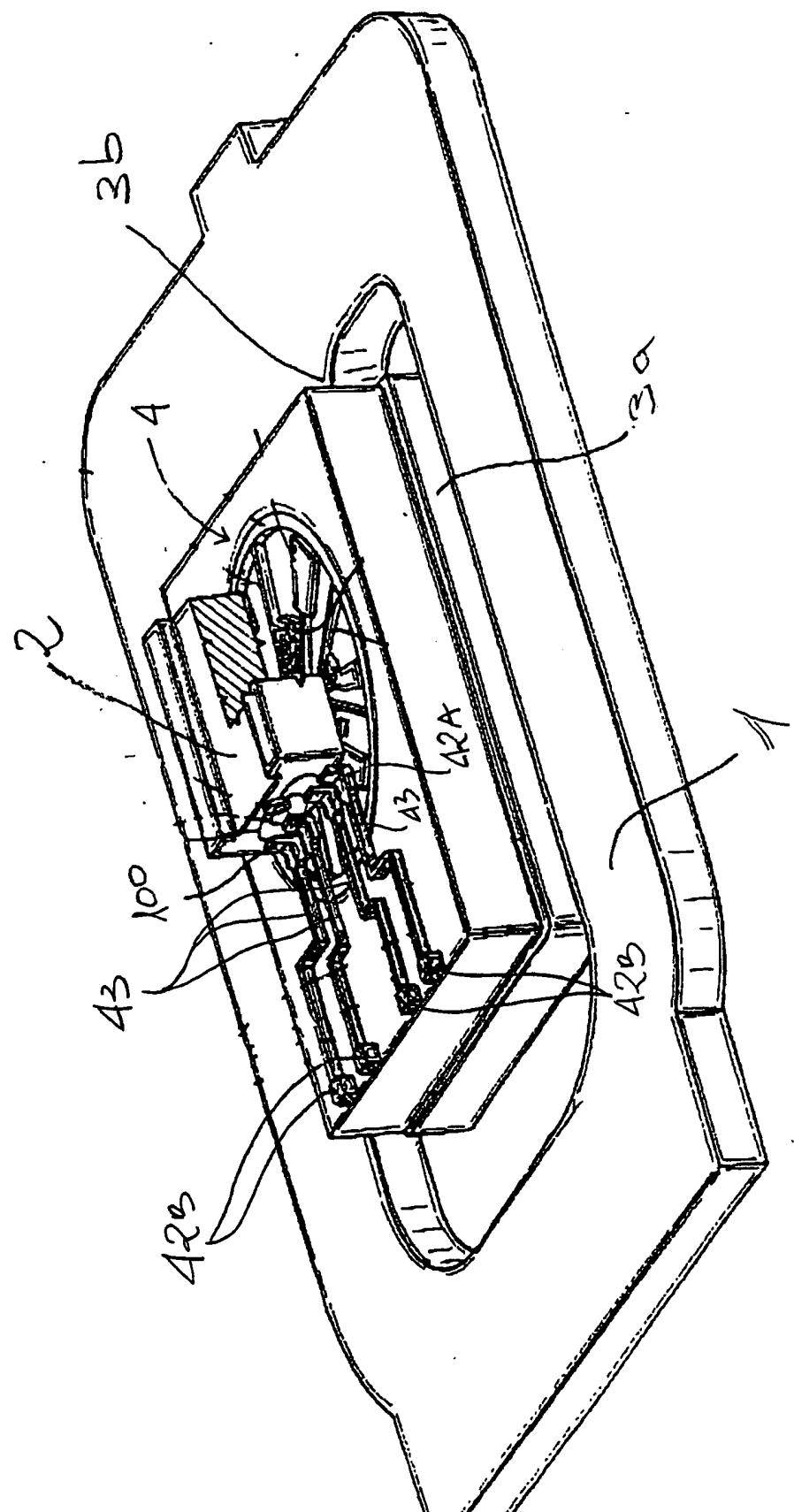


Fig. 20

Dopo sviluppo della resina fotosensibile, viene selettivamente rimosso lo strato di materiale conduttivo 41 (figura 16), per definire, come anche mostrato in figura 17, pad 42A, ancorati al rotore, per la saldatura dei terminali 5 elettrici dello slider, conduttori elettrici sospesi 43 che da detti pad 42A portano a pad fissi 42B, ai quali verranno saldati fili elettrici, ed il cap layer 44 sul quale verrà adagiato e fissato lo slider. L'attacco dello strato conduttivo 41 prevede un primo etch back per rimuovere lo 10 strato di oro, e quindi un attacco RIE per rimuovere lo strato di alluminio. Viene inoltre selettivamente rimosso lo strato dielettrico 40. L'attacco RIE dell'alluminio si ferma sullo stick foil 32.

Lo strato di resina fotosensibile usato per la 15 definizione dello strato conduttivo 41 viene quindi asportato, ad esempio mediante attacco in plasma di ossigeno.

Le fasi fino ad ora descritte sono tutte eseguite a livello di intera fetta 30, prima di tagliare la stessa in 20 singole piastrine ("dice").

A questo punto, con il supporto in vetro 36 ancora aderente al retro della fetta 30, la fetta 30 viene suddivisa per taglio nei singoli "dice". Preferibilmente, il supporto in vetro 36 non viene tagliato, per poter essere 25 riutilizzato.

Il supporto in vetro 36 viene quindi staccato esponendolo a raggi UV, grazie alla fotolabilità dello strato adesivo della pellicola 35 a contatto con la fetta 30. Anche durante queste operazioni, grazie alla presenza 5 dello stick foil 32, i rotori dei vari microattuatori sono bloccati ben protetti, sia meccanicamente che contro infiltrazioni di acqua durante la suddivisione in dice.

Con riferimento alla figura 18, per ciascun "dice" il rispettivo slider 2 viene quindi assemblato al 10 microattuatore 4.

Lo slider 2 viene assemblato per incollaggio al cap layer 44 secondo un procedimento standard, utilizzando uno strato di colla 45 vulcanizzabile mediante UV. Questa operazione può essere eseguita manualmente o 15 automaticamente. Quindi viene effettuata la saldatura con tecnica "ball bonding" dei terminali 100 dello slider ai pad 42A dei conduttori sospesi 43, solidali al rotore. Ai pad 42B vengono poi saldati fili elettrici.

Il "dice", con lo slider 2 già assemblato, viene 20 quindi incollato al gimbal 3a di figura 1, sempre per incollaggio usando una colla vulcanizzabile con UV. Vengono infine saldati fili elettrici di collegamento fra le tracce elettriche sulla sospensione ed i pad del "dice".

Una alternativa a quanto appena descritto prevede che 25 il "dice" con il microattuatore venga assemblato per

incollaggio al gimbal 3a prima di assemblare lo slider 2, che viene invece assemblato per incollaggio al cap layer 44 solo successivamente. Si procede quindi a realizzare le saldature dei terminali elettrici 100 dello slider ai pad 5 42A sul rotore, e la saldatura di fili elettrici ai pad del "dice".

In alternativa alle due precedenti tecniche, è possibile assemblare gli slider 2 ai rispettivi microattuatori prima ancora di procedere alla suddivisione 10 della fetta 30 in singoli "dice", incollando gli slider 2 ai rispettivi cap layer 44. Viene quindi eseguita la saldatura dei terminali elettrici 100 degli slider ai pad 42A sui rotori. Quindi, la fetta viene suddivisa nei singoli "dice", e l'assieme viene assemblato al gimbal. Vengono quindi 15 saldati ai pad dei dice i fili elettrici per il collegamento con le tracce elettriche sulla sospensione.

Dopo aver completato l'assemblaggio degli slider ai "dice" con i microattuatori ed ai rispettivi gimbal, lo stick foil 32 viene rimosso per sbloccare il rotore del 20 microattuatore. A tale scopo, è possibile utilizzare un bagno con concentrazione di NaOH di circa l'1,5% in peso, immersando nel bagno il gimbal per alcuni minuti. Si procede quindi a risciacquo con acqua, e poi con acqua addizionata di alcool, infine si effettua una asciugatura in vuoto ad 25 una temperatura di circa 120 °C.

In alternativa, lo stick foil 32 può essere rimosso mediante un attacco in plasma di ossigeno. Questa soluzione ha il vantaggio di ridurre il danneggiamento indotto dall'effetto di "stiction", che con la tecnica sopra 5 descritta può verificarsi durante la fase di asciugatura.

Si ottiene così la struttura di figura 19: il cap layer 44 è sospeso al di sopra del rotore ed ancorato allo stesso in 101; i conduttori 43 sono sospesi fra rotore e parte statica del microattuatore, ed ancorati al rotore in 10 corrispondenza dei pad 42A ed alla parte statica in corrispondenza dei pad 42B.

I conduttori sospesi 43 permettono il collegamento elettrico dello slider, senza impedirne il movimento in quanto flessibili.

15 La figura 20 è una vista assonometrica della struttura assemblata.

Il metodo secondo la presente invenzione ha la peculiarità di utilizzare, come materiale sacrificale per la formazione di elementi di collegamento elettrico sospesi, uno stick foil, applicabile a secco sul microattuatore già formato, quindi non attraverso processi di deposizione di resina fotosensibile in fase liquida che determinerebbero la penetrazione della resina fotosensibile nella cavità del microattuatore, o più in generale del micromecanismo.

25 L'ulteriore vantaggio risiede nella possibilità di

rimuovere lo stick foil mediante attacco al plasma di ossigeno, cosa che riduce la possibilità di danneggiamento del microattuatore o, genericamente, del micromecchanismo, a causa del fenomeno noto come "stiction".

5 Un altro vantaggio del metodo descritto risiede nel fatto che l'assemblaggio del complesso formato da microattuatore e slider al gimbal è del tutto compatibile con le normali tecniche di assemblaggio, saldatura e collaudo. Non è cioè necessario che i costruttori di hard 10 disk modifichino le tecniche normalmente utilizzate per adattarle alla presenza del microattuatore.

È chiaro che possono essere previste varianti e/o aggiunte a quanto sopra descritto ed illustrato.

\*\*\* \* \*\*\*

## RIVENDICAZIONI

1. Metodo per realizzare elementi di collegamento elettrico sospesi fra due parti di un micromecchanismo con possibilità di moto relativo, che prevede la formazione di 5 uno strato di materiale sacrificale (32), la formazione sullo strato di materiale sacrificale di detti elementi di collegamento elettrico (43), e la rimozione dello strato di materiale sacrificale sotto gli elementi di collegamento elettrico, caratterizzato dal fatto che detto strato di 10 materiale sacrificale è una pellicola sottile (32) con almeno un lato adesivo (21), applicabile a secco sulla superficie del micromecchanismo.

2. Metodo secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che detta pellicola sottile (32) funge anche da 15 struttura di immobilizzazione per il micromecchanismo.

3. Metodo secondo la rivendicazione 2, caratterizzato dal fatto che detta pellicola sottile (32) è applicata sulla superficie frontale di una fetta di semiconduttore (30) in cui è formata una pluralità di micromecchanismi.

20 4. Metodo secondo la rivendicazione 1, 2 o 3, caratterizzato dal fatto che detta pellicola sottile è una pellicola di resina fotosensibile.

5. Metodo secondo la rivendicazione 4, caratterizzato dal fatto che detta pellicola sottile è del tipo 25 commercialmente noto con il nome RISTON®.

6. Metodo secondo una qualunque delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che, dopo la formazione di detti elementi di collegamento elettrico (43), detta pellicola sottile (32) viene rimossa mediante attacco al 5 plasma di ossigeno.

7. Metodo secondo una qualunque delle rivendicazioni da 1 a 5, caratterizzato dal fatto che, dopo la formazione di detti elementi di collegamento elettrico (43), detta pellicola sottile (32) viene rimossa mediante immersione in 10 un bagno di NaOH.

8. Metodo secondo una qualunque delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che detto micromecchanismo è un microattuatore elettrostatico del tipo usato in un gruppo di lettura/scrittura di hard disk per il 15 posizionamento fine di un trasduttore di lettura/scrittura.

9. Metodo secondo la rivendicazione 8, caratterizzato dal fatto di prevedere, dopo l'applicazione della pellicola sottile (32), la rimozione selettiva di essa per l'apertura di aree per l'ancoraggio di detti elementi di collegamento 20 elettrico (43) sulla parte fissa e sulla parte mobile del microattuatore, e per l'apertura di almeno un'area di ancoraggio di una piastra di collegamento (44) del trasduttore di lettura/scrittura alla parte mobile del microattuatore, detta rimozione selettiva prevedendo la 25 formazione sulla pellicola sottile (32) di una "hard mask"

con aperture in corrispondenza di dette aree di ancoraggio,  
e l'attacco selettivo della pellicola sottile.

10. Metodo secondo la rivendicazione 9, caratterizzato  
dal fatto che la formazione di detta "hard mask" comprende  
5 la deposizione sulla pellicola sottile (32) di uno strato di  
biossido di silicio o alluminio a bassa temperatura, e la  
rimozione selettiva dello strato di biossido di silicio o  
alluminio mediante tecnica fotolitografica.

11. Metodo secondo la rivendicazione 10,  
10 caratterizzato dal fatto di prevedere, dopo la definizione  
degli elementi di collegamento elettrico, la suddivisione  
per taglio della fetta di semiconduttore (30) in singole  
piastrine ("dice"), ciascuna integrante un rispettivo  
microattuatore.

15 12. Metodo secondo la rivendicazione 11,  
caratterizzato dal fatto di prevedere, per ciascuna  
piastrina, l'assemblaggio di un rispettivo trasduttore di  
lettura/scrittura (2).

13. Metodo secondo la rivendicazione 10,  
20 caratterizzato dal fatto di prevedere, dopo la definizione  
di detti elementi di collegamento elettrico (43),  
l'assemblaggio per incollaggio a ciascun microattuatore di  
un rispettivo trasduttore di lettura/scrittura e la  
saldatura di terminali del trasduttore agli elementi di  
25 collegamento elettrico (43) del rispettivo microattuatore,

quindi la suddivisione per taglio della fetta di semiconduttore (30) con i trasduttori assemblati in una pluralità di piastrine ("dice") individuali

14. Metodo secondo la rivendicazione 12 o 13,  
5 caratterizzato dal fatto di prevedere successivamente la rimozione di detta pellicola sottile (32).

## RIASSUNTO

Un metodo per realizzare elementi di collegamento elettrico sospesi fra due parti di un micromecchanismo con possibilità di moto relativo, che prevede la formazione di 5 uno strato di materiale sacrificale (32), la formazione sullo strato di materiale sacrificale degli elementi di collegamento elettrico (43), e la rimozione dello strato di materiale sacrificale sotto gli elementi di collegamento elettrico, in cui lo strato di materiale sacrificale è una 10 pellicola sottile (32) con almeno un lato adesivo (21), applicabile a secco sulla superficie del micromecchanismo.

[Figura 19.]

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/US99/00648

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC(6) H02N 1/00; G11B 7/00; G02B 6/26

US CL : 369/117, 118, 119; 310/309; 385/18, 47; 359/298

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

U.S. 369/117, 118, 119; 310/309; 385/18, 47; 359/298

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5,646,928 A (WU et al) 08 JULY 1998 (08.07.98)	1-46
A	US 5,753,911 A (YASUDA et al) 19 MAY 1998 (19.05.98)	1-46
A	US 5,760,998 A (BERBERICH et al) 2 June 1998 (02.06.98)	1-46

Further documents are listed in the continuation of Box C.  See patent family annex.

• Special categories of cited documents	"T"	later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance		
"E" earlier document published on or after the international filing date	"X"	document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"Y"	document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	"&"	document member of the same patent family
"P" Document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed		

Date of the actual completion of the international search

08 APRIL 1999

Date of mailing of the international search report

13 MAY 1999

Name and mailing address of the ISA/US  
Commissioner of Patents and Trademarks  
Box PCT  
Washington, D.C. 20231

Authorized officer

MARGARET BURKE